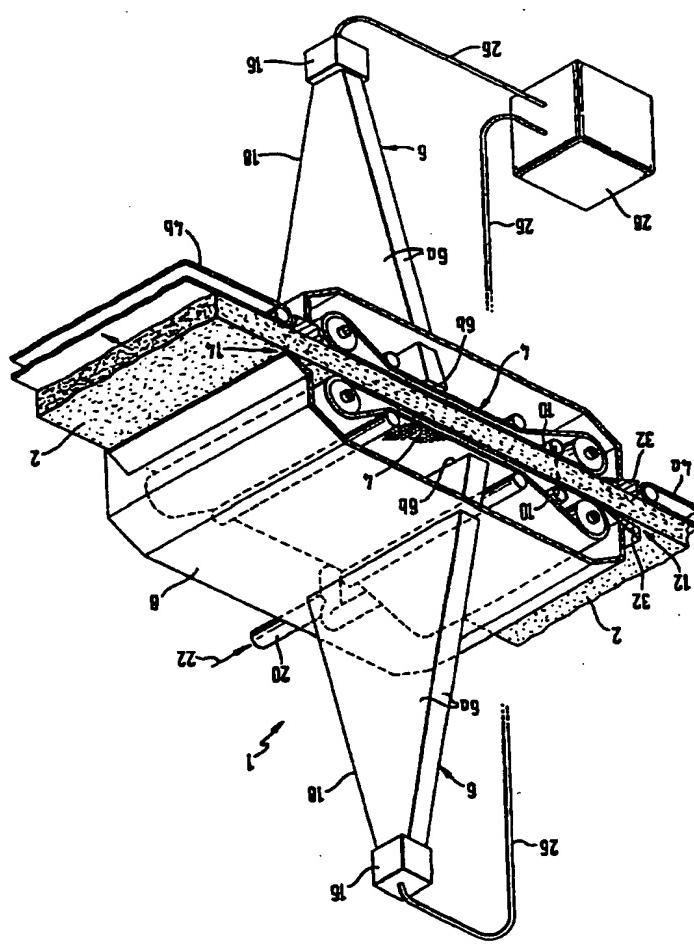


95-337623/44	A35 F04 L02 (A93) GRUZ 94.03.23 *DE 4410020-A1 B8)	The oxygen content of the atmos. round the fibre material (2) is reduced to pref. less than 10% and esp. less than 5% and partic. less than 1%. The electron beam is delivered through a deflector (18) to give a continuous broad beam. The deflector (18) focuses the beam with a given frequency over the width of the material (2), moved to and fro, and be moved to and fro laterally over the material at a given frequency over a set stretch. A system (10) reduces the oxygen content of the atmos. at the fibre material (2). (JT)	A(11-C1C, 11-C2B, 12-R6) F(2-C2B, 3-D, 4-E6) L(2-
GRUENZWEIG & HARTMANN AG 94.03.23 94DE-4410020 (95.09.28) D06M 10/10, B01J 19/08, B29C 35/08, D06M 15/263, H01J 37/30, E04B 1/74, C08F 2/44, 2/46 Polymerisation of bonding agent in mineral fibre materials - uses electron beam directed at material with atmos. of reduced oxygen content, giving consistent polymerisation through thickness of material C95-148888	To polymerise substances in fibre materials, esp. bonding agents in mineral fibres for insulation applications, an electron beam radiation is applied to the fibre material (1). Also claimed is an appts. with an electron beam transmitter (16).	<u>ADVANTAGE</u> The process gives a more consistent polymerisation through the thickness of the fibre material.	<u>PREFERRED FEATURES</u> The radiation is applied to both sides of the material using an electron beam with an energy of 250 keV to 1.5 MeV.

DE 4410020-A





**(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift

© PE 4410020 A1

(21) Aktenzeichen: P 44 10 020.5
(22) Anmeldetag: 23. 3. 94
(43) Offenlegungstag: 28. 9. 95

⑤1) Int. Cl.⁶:
D 06 M 10/10

D 06 M 15/263

C 08 F 2/46

C 08 F 2/44

B 01 J 19/08

E 04 B 174

H 01 J 37/30

B 29 C 35/08

DE 4410020 A1

- (71) Anmelder:**
Grünzweig + Hartmann AG, 67059 Ludwigshafen,
DE

(74) Vertreter:
Kuhnen und Kollegen, 85354 Freising

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

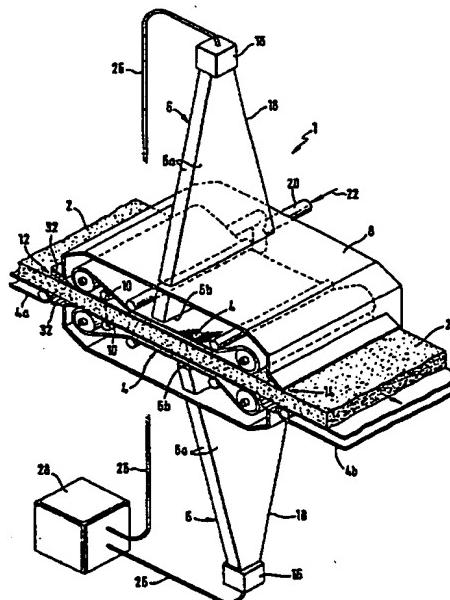
**(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:**

DE	34 07 320 C1
DE	30 50 343 C2
DE-AS	12 37 058
DE-AS	10 42 521
DE-OS	39 18 127
US	50 51 600
US	47 54 395
US	47 48 044

- US 44 43 492
 EP 1 82 750 A2
 EP 0 54 841 A2
 SU 14 18 368
LANGE, Hartwig: Wäßrige Polyurethanacrylate als strahlenhärtende Lackrohstoffe. In: farbe + lack, 99.Jg., 7/1993, S.597-601;
HOLL, Peter: Elektronenstrahlhärtung von Beschichtungsmaterialien. In: Lack, 48.Jg., 10/1980,S.362-369;
HOIGNE, J.:
SCHAMBERG, E.: Strahlungsschemische unradikalische Modifikation synthetischer Fasern undTextilien. In: Textilveredelung, 5.Jg., H.5, 1970,S.400-408;

54) Verfahren und Vorrichtung zum Polymerisieren von Substanzen in Fasermaterialien

- 57 Verfahren zur Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialien, wie insbesondere Bindemittel in Mineralfasermaterialien für Dämmzwecke, wobei das Fasermaterial (2) einer Strahlungsquelle ausgesetzt wird, um die Substanz durch Bestrahlung zu polymerisieren, wobei als Strahlung eine Elektronenstrahlung verwendet wird. Das Mineralfasermaterial wird vorzugsweise von beiden Seiten her der Strahlung ausgesetzt, wobei die Energie des Elektronenstrahls vorzugsweise im Bereich zwischen 250 keV und 1,5 MeV liegt und der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre des Mineralfasermaterials (2) auf vorzugsweise weniger als 10%, in bevorzugter Weise auf weniger als 5%, in besonders bevorzugter Weise auf weniger als 1% reduziert ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialen, wie insbesondere von einem Bindemittel in Mineralfasermaterial für Dämmzwecke und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung.

Bei der Herstellung von Fasermaterial wie etwa Mineralfasermaterial kann es erforderlich sein, einander kreuzende Mineralfasern miteinander zu verbinden, um diese in ihrer relativen Lage zueinander zu fixieren. Dies geschieht beispielsweise durch Verkleben der Fasern an ihren gegenseitigen Berührungs punkten mit Hilfe eines geeigneten Bindemittels. Dabei wird in der Regel das eingebrachte Bindemittel unter Einwirkung von Wärme durch Polymerisation vernetzt. Auch andere Substanzen als Bindemittel werden in diesem Zusammenhang eingesetzt, beispielsweise als Avivagen, Nadelhilfsmittel oder dergleichen, die gegebenenfalls einer Aushärtung (Polymerisation) zu unterziehen sind.

Auszugehen ist gemäß der US-A 5 275 874 von einem gattungsbildenden Stand der Technik, nach dem eine Polymerisation eines Bindemittels in Mineralfasermaterial mit UV-Strahlen erfolgt. Dabei besteht das Problem, daß das Eindringverhalten der UV-Strahlen in das Mineralfasermaterial schlecht ist: Die freigesetzte Energie fällt mit der Entfernung von der Oberfläche des Mineralfaserproduktes stark ab. Eine Erhöhung der Eindringtiefe mit einer ausreichenden Energie durch Erhöhung der Energie der Gesamtbestrahlung ist nicht möglich, da dann oberflächenseitig zu viel Wärme freigesetzt wird, sei es durch die von der UV-Quelle mit abgestrahlte Wärmestrahlung, sei es durch Energieverluste der UV-Strahlung und damit deren Transformation zu IR-Strahlung, was zu einem Verbrennen der Oberfläche des zu behandelnden Mineralfasermaterials führt.

Das Eindringverhalten der UV-Strahlen ist weiterhin stark von der Wellenlänge der UV-Strahlung abhängig. Infolge Streuung bzw. Brechung der in das Fasermaterial einfallenden UV-Strahlung an einzelnen Fasern und Absorption der UV-Strahlung in die Fasern nimmt die Intensität der UV-Strahlung über die Eindringtiefe sehr rasch ab. Da diese Effekte stoffspezifisch sind, ist je nach Mineralfasermaterial nur ein ganz bestimmter, eng begrenzter Wellenlängenbereich einer UV-Strahlung geeignet, um eine Substanz wie Bindemittel durch Polymerisation zu vernetzen.

Dabei ist zudem zu berücksichtigen, daß die UV-Strahlung nicht direkt die Substanz polymerisiert, sondern zuerst eine photoaktive Substanz durch die Energie der eindringenden UV-Strahlung aktiviert bzw. angeregt werden muß. Diese photoaktive Substanz bewirkt ihrerseits wiederum eine Erzeugung von Radikalen in der zu polymerisierenden Substanz, welche anschließend durch die freien Radikale ihrerseits polymerisiert. Die Aktivierungsenergie der photoaktiven Substanz ist ebenfalls wellenlängenabhängig, wodurch der anwendbare Wellenlängenbereich der UV-Strahlung weiter eingeschränkt wird.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu finden, mit dem eine Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialien wesentlich gleichmäßiger über die Dicke des Fasermaterials erzielt werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfundungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

Es hat sich überraschend gezeigt, daß Elektronenstrahlen abhängig von der Energie (in Elektronenvolt) eine gewisse Strecke weit in Fasermaterial wie Mineralfasermaterial eindringen, ohne dabei nennenswert Energie zu verlieren, und dann relativ abrupt gestoppt werden (also steiler Abfall der Energie nach einer bestimmten Eindringtiefe), wobei ihre gesamte Restenergie abgegeben wird. Bis zu dem steilen Abfall ist aber eine relativ große Eindringtiefe nutzbar. Es wird vermutet, daß dieses Eindringverhalten seinen Grund u. a. auch darin hat, daß Elektronenstrahlen nicht wesentlich durch die Fasern abgelenkt werden. Da ein Elektron um Potenzen kleiner ist als die Moleküle, welche die Fasern aufbauen, können die energiereichen Elektronen die Fasern durchdringen, ohne von ihrer Flugbahn abzuweichen. In einer Strahlungsquelle erzeugte energiereiche Elektronen können so mit Hilfe von elektromagnetischen Feldern zu einem gerichteten Elektronenstrahl fokussiert werden und können in das Fasermaterial, z. B. Mineralfasermaterial, eindringen.

Trifft ein Elektron mit einer bestimmten Energie auf eine C-C-Doppelbindung einer ungesättigten Gruppe der Substanz, so bricht es diese durch Abgabe seiner Energie auf und erzeugt damit ein Radikal. Benachbarte Molekülgruppen mit erzeugten freien Radikalen vernetzen sich durch Verbinden der Radikale. Damit kann die Substanz einfach und wesentlich gleichmäßiger über die Dicke des Fasermaterials polymerisiert werden.

Die erzielbare Gleichmäßigkeit der Bildung von Radikalen über der Dicke z. B. des Mineralfasermaterials und die daraus resultierende Gleichmäßigkeit der Polymerisation der Substanz kann durch eine geeignete Ablenkung der Elektronenstrahlen infolge geeigneter Ablenkungsvorrichtungen vor dem Eindringen in das Fasermaterial weiter verbessert werden.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß der Gesamtenergiebedarf bei der Vernetzung mit Hilfe von Elektronenstrahlen ca. 1/20 bis 1/100 des Gesamtenergiebedarfs bei der Vernetzung bzw. beim Aushärten von Bindemittel mit Hilfe von Wärme beträgt.

Vorteilhaft ist zudem die hohe Geschwindigkeit, mit der die Polymerisation bzw. das Aushärten erfolgen kann und die geringe Wärmebelastung des Mineralfasermaterials. Damit können auch thermisch empfindliche Substanzen in thermisch empfindlichen Fasermaterialien problemlos vernetzt werden.

Der geringe Platzbedarf einer Anlage zur Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialien bzw. zum Aushärten von Bindemittel in Mineralfasermaterialien mit Hilfe von Elektronenstrahlen im Vergleich zum Platzbedarf von Aushärteöfen ist ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens.

Wird das Fasermaterial gemäß Anspruch 2 von beiden Seiten der Elektronenstrahlung ausgesetzt, kann die Eindringtiefe mehr als verdoppelt werden, wobei die Energie der Elektronen so eingestellt werden kann, daß die beiden Eindringtiefen sich in der Mitte des Materials treffen bzw. überlagern. Weiter kann die Eindringtiefe erhöht werden durch Erhöhung der Energie der Elektronenstrahlen.

Beträgt die Energie des Elektronenstrahls gemäß Anspruch 3 zwischen 250 keV und 1,5 MeV, so können

Mineralfasermaterialien handelsüblicher Dicke und Dichte unter Verwendung handelsüblicher Strahlungsquellen zufriedenstellend behandelt werden.

Wird gemäß Anspruch 4 der Anteil an Sauerstoff im Fasermaterial bei der Behandlung vorzugsweise auf unter 10% bzw. besser noch auf unter 5% bzw. am besten noch auf unter 1% reduziert, so kann praktisch vollständig vermieden werden, daß die durch die Elektronen erzeugten freien Radikale der zu vernetzenden Substanz durch Sauerstoff belegt werden und ein Vernetzen an dieser Stelle damit verhindert ist. 5

Eine erfundungsgemäße Vorrichtung zur Polymerisation einer Substanz in einem Fasermaterial, insbesondere eines Bindemittels im Inneren eines Mineralfasermaterials weist eine Strahlungsquelle auf, die gemäß Anspruch 5 eine Elektronenstrahlquelle ist.

Mit dieser Elektronenstrahlquelle können die Elektronenstrahlen erzeugt werden, die beispielsweise das Mineralfasermaterial durchdringen können, an ungesättigten Gruppen der Substanz C-C-Doppelbindungen aufbrechen und freie Radikale erzeugen können, damit sich abschließend die Substanzgruppen über die freien Radikale miteinander verbinden können und die Substanz insgesamt aushärten kann. Hierzu sind vorteilhaft handelsübliche Elektronenstrahlquellen einsetzbar. Diese bieten im Vergleich mit herkömmlichen Aushärtöfen die Vorteile des geringeren Platzbedarfs, des geringeren Energiebedarfs und der geringeren Erhitzung des Mineralfasermaterials oder eines anderen Fasermaterials. 10 15

Gemäß Anspruch 6 weist die Polymerisationsvorrichtung eine Ablenkungseinheit bzw. einen Scanner zur Ablenkung der Elektronenstrahlen auf. Dies bietet im wesentlichen zwei Anwendungsalternativen. Wird das Fasermaterial auf einer Fördereinrichtung, beispielsweise auf einem Förderband, in ebener Form abgelagert und darauf zur Weiterbearbeitung transportiert, so kann mit Hilfe der Ablenkungseinheit der Elektronenstrahl im Behandlungsbereich der Aushärtvorrichtung, welche an der bzw. um die Fördereinrichtung herum angeordnet sein kann, über die gesamte Breite der Mineralfaserbahn geführt werden. 20

Wird die Substanz in Fasermaterial ausgehärtet, welches eine nicht ebene Oberfläche aufweist, beispielsweise Hohlzylinderform besitzt, so kann der Elektronenstrahl mit Hilfe der Ablenkungseinheit in einer nichtlinearen Flugbahn zu den gewünschten Auftreffstellen auf diese Oberfläche des Fasermaterials geführt werden. Durch geeignete Bahnführung des Elektronenstrahls kann an jeder Auftreffstelle ein gewünschter Auftreffwinkel, in der Regel annähernd 90°, eingehalten werden. 25

Fasermaterial, welches auf einem mit konstanter Geschwindigkeit laufenden Förderband zur Weiterbehandlung transportiert wird, kann vorteilhaft mit einem Elektronenstrahl beaufschlagt werden, der über die gesamte Breite der Faserbahn streicht. Alternativ kann die Ablenkungseinheit gemäß Anspruch 7 einen kontinuierlichen Breitstrahl erzeugen. Dies hat den Vorteil, daß eine einmal optimal eingestellte Polymerisationsvorrichtung im Normalfall nicht mehr nachgeregelt werden muß, was den Regelaufwand erheblich reduzieren kann. 30

Erzeugt die Ablenkungseinheit gemäß Anspruch 8 einen fokussierten Strahl, der mit einer bestimmten Frequenz über die Breite des Fasermaterials hin und her bewegt sowie bevorzugt zudem mit einer bestimmten Frequenz quer zur Breite des Fasermaterials über eine bestimmte Strecke hin und her bewegt wird, so kann durch die Verwendung eines gebündelten Strahles vorteilhaft eine erheblich größere Energiedichte in das Fasermaterial pro Fläche bzw. Volumen eingebracht werden. Die Möglichkeit, den Elektronenstrahl in beiden Richtungen traversierend über die Oberfläche des Fasermaterials zu führen, hat den Vorteil, daß das Fasermaterial mehrfach über die gesamte Breite des gleichen Längenelementes der Faserbahn und zudem auch bei Bedarf mehrfach in Längsrichtung über eine definierte Strecke in Förderrichtung mit dem Elektronenstrahl bestrichen werden kann. Dadurch kann ein gleichmäßiges Bestreichen der gesamten Oberfläche des Mineralfasermaterials mit dem fokussierten Elektronenstrahl erfolgen, so daß sich eine über die gesamte Oberfläche gleichmäßige Energiedichte eines gewünschten Betrages ergibt. 35 40

Weist die Aushärtvorrichtung gemäß Anspruch 9 eine Vorrichtung zur Verringerung des Sauerstoffgehalts in der Atmosphäre des Fasermaterials auf, so kann der Sauerstoff beispielsweise durch das Einbringen eines Inertgases aus dem Fasermaterial verdrängt werden. Damit kann vorteilhaft vermieden werden, daß freie Radikale ungesättigter Substanzgruppen mit dem reaktionsfreudigeren Sauerstoff eine Reaktion ausführen, anstatt mit anderen Radikalen benachbarter Substanzgruppen zu reagieren und somit eine Vernetzung durch Polymerisation herbeizuführen. Somit kann eine Behinderung der vollständigen Polymerisation vermieden werden. Bei ausreichender Reduzierung des Sauerstoffanteils in der Atmosphäre im Fasermaterial kann somit eine vollständigere Polymerisation der Substanz erzielt werden. Weiterhin wird vorteilhaft die mögliche Bildung von Ozon reduziert, da in einer weitestgehend inerten Atmosphäre keine Sauerstoffmoleküle mehr zur Verfügung stehen, um durch die Energie der Elektronenstrahlen teilweise zu Sauerstoffradikal en aufgespalten zu werden und anschließend Ozon bilden zu können. 45 50

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Erläuterung eines Ausführungsbeispieles anhand der Zeichnung. 55

Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer erfundungsgemäßen Anlage zum Polymerisieren von Substanzen in Mineralfasermaterialien mit Hilfe von Elektronenstrahlen;

Fig. 2 einen Schnitt durch die Anlage nach Fig. 1 quer zur Mineralfasermaterialförderrichtung; 60

Fig. 3 eine Seitenansicht der Anlage nach Fig. 1 entlang der Mineralfasermaterialförderrichtung;

Fig. 4 ein schematisches Diagramm des Verlaufes der Energiedichte in Prozent über der Eindringtiefe bei einer Bestrahlung von beiden Seiten des Mineralfasermaterials;

Fig. 5 eine Spur eines Breitstrahls auf der Mineralfasermaterialoberfläche; und

Fig. 6 eine Spur eines fokussierten Elektronenstrahls auf der Mineralfasermaterialoberfläche.

In Fig. 1 bis 3 ist in einer beispielhaften Ausführungsform eine Vorrichtung 1 zur Polymerisation einer Substanz, in dieser Ausführungsform eines Bindemittels, anhand eines Beispiels dargestellt. Ein Mineralfasermaterial 2 ist auf einer Fördereinrichtung 4, beispielsweise auf einem perforierten Produktionsband, welches den

Durchgang von Elektronenstrahlen nicht behindert, abgelegt. Eine Fördereinrichtung 4a, beispielsweise ein Produktionsband, führt das Mineralfasermaterial 2 der Polymerisationsvorrichtung 1 zur Weiterbehandlung zu. Eine Fördereinrichtung 4b, beispielsweise ein Produktionsband, transportiert das Mineralfasermaterial 2 von der Polymerisationsvorrichtung 1 weg. Über der Fördereinrichtung 4 und unter der Fördereinrichtung 4 sind 5 Bestrahlungseinrichtungen 6 angeordnet.

Die Bestrahlungseinrichtung 6 ist ein Bestandteil der Polymerisationsvorrichtung 1, die des weiteren ein Gehäuse 8 aufweist, in dem eine Vorrichtung 10 zum Verringern des Sauerstoffgehalts in der Atmosphäre im Mineralfasermaterial 2 angeordnet ist. Das Gehäuse 8 hat in Förderrichtung des Mineralfasermaterials 2 eine erste Öffnung 12 und eine zweite Öffnung 14 in dieser Reihenfolge. Durch die Öffnung 12 wird das Mineralfasermaterial 2, von der Fördereinrichtung 4a kommend, auf der Fördereinrichtung 4 in das Gehäuse 8 der Polymerisationsvorrichtung 1 gefördert, die es durch die Öffnung 14 nach der Einwirkung durch die Bestrahlungseinrichtungen 6 wieder verläßt.

Die Bestrahlungseinrichtung 6 weist ein Gehäuse 6a, eine Austrittsfläche 6b für Elektronenstrahlen, eine Elektronenstrahlquelle 16 und eine Ablenkeinheit 18 auf. In der Elektronenstrahlquelle 16 werden Elektronen erzeugt und mit Hilfe der Ablenkeinheit 18 beschleunigt und in ihrer Bahn abgelenkt, so daß die Elektronen mit der gewünschten Energie in das Mineralfasermaterial 2 eindringen können. Die Vorrichtung 10 zum Verringern des Sauerstoffanteils weist eine Leitung 20 auf, in der ein Inertgas 22 zugeführt werden kann. Das Inertgas 22 strömt aus Öffnungen 24 aus der Leitung 20 aus und in das Mineralfasermaterial 2 hinein. Dort verdrängt das Inertgas 22 den zwischen den Mineralfasern vorhandenen Sauerstoff.

Eine Leitung 26 verbindet die Elektronenstrahlquelle 16 mit einer Energieerzeugungseinrichtung 28, die die notwendige Energie zur Erzeugung und Beschleunigung der Elektronen liefert.

Die Öffnung 12 weist Abdichtungselemente 30 und Zuführelemente 32 auf, damit das Mineralfasermaterial 2, von der Fördereinrichtung 4a kommend, auf der Fördereinrichtung 4 mit dem Abdichtungselement 30 die Öffnung 12 nahezu dicht verschließend durch diese hindurch in die Polymerisationsvorrichtung 1 transportiert werden kann. Durch die Öffnung 14 strömt der verdrängte Sauerstoff aus der Polymerisationsvorrichtung 1 ab. Das Gehäuse 6a der Bestrahlungseinrichtung steht unter Vakuum, und zwischen dem Mineralfasermaterial 2 und der Austrittsfläche 6b für die Elektronenstrahlen besteht ein möglichst schmaler Spalt, um Verluste an Strahlungsenergie gering zu halten.

Die Polymerisationsvorrichtung 1 ist in einem Raum angeordnet, der von Betonwänden 34 gebildet wird. Die ausreichend dicken Betonwände, die aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 1 nicht dargestellt sind, 34 dienen als Schutz vor der Elektronenstrahlung.

Das in Fig. 4 dargestellte Diagramm zeigt den Verlauf der Elektronenenergie in Prozent über der Eindringtiefe. Die Y-Achse ist von 0 bis 100% skaliert, wobei E für die Energie bzw. Dosis der Elektronen steht. Die Energie bzw. die Dosis der an der Mineralfasermaterialoberfläche eintretenden Elektronen ist durch 100% E repräsentiert, unabhängig vom jeweiligen spezifischen Wert in keV. An der X-Achse ist die Dicke des Mineralfasermaterials 2 abgetragen, wobei die eingetragenen Skalenwerte noch mit der Dicke D des Mineralfasermaterials 2 zu multiplizieren sind, um auf die Eindringtiefe in mm schließen zu können. Die Kurven 41 und 44 zeigen den Verlauf von unterschiedlichen Beträgen an Elektronenenergie bei einseitiger Einbringung von links (bzw. von oben in Fig. 3), und die Kurven 42 und 45 zeigen den Verlauf entsprechender Beträge von Elektronenenergie bei einseitiger Einbringung von rechts (bzw. von unten in Fig. 3). Die Kurven 43 und 46 stellen die Überlagerung der Kurven 41 und 42 bzw. 44 und 45 dar. Es ist ersichtlich, daß die Elektronen zunächst über eine gewisse Eindringtiefe kaum an Energie verlieren. Dann sinkt die Energie der Elektronen steil ab. Elektronen mit einer höheren Energie, die durch die Kurven 44 und 45 repräsentiert sind, erreichen eine größere Eindringtiefe, bis der Abfall der Energie eintritt, als Elektronen mit einer geringeren Energie, die durch die Kurven 41 und 42 repräsentiert sind. Die Überlagerung der Energieverteilungen bei einer Einbringung der Elektronen von zwei Seiten in das Mineralfasermaterial 2 zeigt, daß damit in der Mitte des Mineralfasermaterials 2 eine befriedigende Energiedichte erzielt werden kann. Bei geeigneter Wahl der Anfangsenergie der Elektronen kann somit eine weitestgehend gleichmäßige Energiedichteverteilung über der Mineralfasermaterialdicke erzielt werden.

Die in Fig. 5 gezeigte Spur 50 der Elektronen eines einzigen Breitstrahls veranschaulicht, daß das Mineralfasermaterial 2 mit einer konstanten Geschwindigkeit V_1 unter der Bestrahlungseinrichtung 6, die nicht näher dargestellt ist, vorbeibewegt wird. Der Breitstrahl trifft in einem sich quer erstreckenden Streifen mit einer Breite B_1 , die der Breite des Mineralfasermaterials 2 entspricht, und einer Dicke X_1 , die von der gewünschten Fokussierung des Elektronenbreitstrahls quer zur Breite B_1 des Mineralfasermaterials 2 und der Geschwindigkeit V_1 abhängt, auf die Oberfläche des Mineralfasermaterials 2 auf. Durch eine geeignete Abstimmung der Elektronenenergie der Elektronen im Breitstrahl mit der Geschwindigkeit V_1 des Mineralfasermaterials 2 kann eine gewünschte gleichmäßige Verteilung der Energie über die Breite B_1 des Mineralfasermaterials 2 und die Eindringtiefe erzielt werden.

Der andererseits mit einer bestimmten Frequenz f_1 über die Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 hin und her bewegte sowie vorzugsweise zudem mit einer bestimmten Frequenz f_2 quer zur Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 über eine bestimmte Strecke hin und her bewegte fokussierte Elektronenstrahl erzeugt auf der Oberfläche des Mineralfasermaterials 2 eine spezifische Spur 60, die in Fig. 6 beispielhaft dargestellt ist. Das Mineralfasermaterial 2 bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit V_2 unter der Bestrahlungseinrichtung 6, die nicht näher dargestellt ist, hindurch. Der fokussierte Elektronenstrahl schwingt über die Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 mit einer Frequenz f_1 , die dem Kehrwert der Periode T_1 für eine volle Hin- und Herbewegung entspricht, und einer Amplitude A_1 , die wenigstens der halben Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 entspricht. Weiter kann der fokussierte Elektronenstrahl mit einer Frequenz f_2 , die dem Kehrwert der Periode T_2 für eine volle Hin- und Herbewegung entspricht, und einer Amplitude A_2 quer zur Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 über dessen Oberfläche schwingen.

DE 44 10 020 A1

Wegen des besseren Verständnisses und aus Gründen der besseren Darstellung ist die in Fig. 6 dargestellte Spur eines fokussierten Elektronenstrahls durch die Wahl einer sehr großen Periode T_1 und einer sehr hohen Geschwindigkeit V_2 extrem verzerrt dargestellt. Die Spur des fokussierten Elektronenstrahls ist damit extrem aufgefächert abgebildet.

In einer beispielhaften Ausführungsform beträgt die Frequenz f_1 ca. 200 Hz, die Frequenz f_2 ca. 280 kHz, die Breite B_2 ca. 2400 mm, die Amplitude A_1 ca. 1200 mm, die Amplitude A_2 ca. 50 mm und die Geschwindigkeit V_2 ca. 1 m/s. Der durchschnittliche Durchmesser des fokussierten Elektronenstrahls beträgt beim Eintritt in die Oberfläche des Mineralfasermaterials 2 ca. 2,0 mm. Da der Elektronenstrahl die beiden Pendelbewegungen gleichzeitig ausführt, bedeutet dies, daß der Elektronenstrahl während einer vollen Hin- und Herbewegung über die Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 gleichzeitig $f_2/f_1 = 1400$ volle Pendelbewegungen quer zur Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 ausführt.

Mit $2 \times A_2/f_2 = B_2/f_1 = 1,714$ mm ergibt sich der Abstand zweier benachbarter Umkehrpunkte der Pendelbewegung des Elektronenstrahls quer zur Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2. Somit beträgt die Überlappung zweier benachbarter Pendelbewegungen ca. 15%.

Betrachtet man ein beliebiges Flächenelement mit 1 mm^2 Fläche auf der Oberfläche des Mineralfasermaterials 2, welches sich mit der Relativgeschwindigkeit V_2 durch den fokussierten Elektronenstrahl hindurch bewegt, so benötigt dieses eine Zeit von ca. 0,1 Sekunden, um sich in Förderrichtung durch den Einflußbereich des Elektronenstrahls zu bewegen, der durch die doppelte Amplitude A_2 mit 100 mm in Förderrichtung bzw. quer zur Breite des Mineralfasermaterials 2 vorgegeben ist und dessen Breite $2 \times A_1 = 2400$ mm der Breite B_2 des Mineralfasermaterials entspricht. In dieser Zeit von ca. 0,1 Sekunden führt der Elektronenstrahl 20 volle Hin- und Herbewegungen über der Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2 aus. Demzufolge wird das betrachtete Flächenelement vom fokussierten Elektronenstrahl wenigstens 20 mal durchdrungen. Berücksichtigt man die Querschnittsfläche des Elektronenstrahls mit ca. $3,14 \text{ mm}^2$ als auch die Überlappung zweier benachbarter voller Hin- und Herbewegungen quer zur Breite B_2 des Mineralfasermaterials 2, so erhöht sich die Häufigkeit der Durchdringungen entsprechend auf ein Vielfaches der oben angenommenen Zahl.

Durch die Verwendung eines fokussierten Elektronenstrahls kann gegenüber einem Breitstrahl eine wesentlich größere Energiedichte, d. h. Energiemenge pro jeweiliger Auftrefffläche in das Mineralfasermaterial 2 eingebracht werden.

Durch geeignete Überlagerung zweier quer zueinander verlaufender Pendelbewegungen des Elektronenstrahls bzw. entsprechende Regelung der Pendelbewegungen kann die Verteilung der Energie über die Eindringtiefe und die Mineralfasermaterialbreite B_2 weiter vergleichmäßigt werden.

Versuche

Im folgenden werden Versuche erläutert, die mit Mineralfasermaterial 2 durchgeführt wurden, in das zuvor ein Bindemittel in Form von Dampf eingebracht und durch Kondensation an den Fasern niedergeschlagen worden ist, wie dies in der älteren Patentanmeldung PCT/EP93/03653 im einzelnen beschrieben ist und auf die weiten weiterer Einzelheiten insoweit mithin vollinhaltlich verwiesen werden kann.

Das auf diese Weise mit Bindemittel versehene Mineralfasermaterial 2 sei im folgenden als Testprodukt bezeichnet und wurde auf der Fördereinrichtung 4 zwischen zwei Bestrahlungseinrichtungen 6 durch zwei das Mineralfasermaterial 2 von oben bzw. von unten her bestrahrende Elektronenstrahlen hindurch transportiert, um mit Hilfe der Energie der Elektronenstrahlen das Bindemittel polymerisieren zu lassen.

Nachfolgend sind beispielhaft einige Substanzen bzw. Bindemittel aufgeführt, die geeignet sind in Form von Dampf in das Mineralfasermaterial 2 eingebracht zu werden, um anschließend mit Hilfe der Elektronenstrahlen durch Polymerisation vernetzt bzw. ausgehärtet zu werden:

- a) Hexan-1,6-dioldiacrylat
- b) Tripropylenglycoldiacrylat
- c) ethoxyliertes Trimethylolpropantriacrylat
- d) hoch propoxyliertes Glyceryltiacrylat
- e) propoxyliertes Glyceryltiacrylat
- f) ethoxyliertes Pentaerythrittetraacrylat
- g) D trimethylolpropantetraacrylat
- h) Dipentaerythritpentaacrylat
- i) ethoxyliertes Bisphenoldiacrylat
- j) Tris(2-Hydroxyethyl)isocyanuratricrylat.

Für die Versuche wurden folgende fünf Testprodukte verwendet:

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Nr.	Rohdichte [g/m ³]	behandelte Dicke [cm]	Flächengewicht [g/cm ²]
1	0,007	13	0,09
2	0,010	12	0,12
3	0,010	15	0,15
4	0,040	10	0,40
5	0,070	11	0,77

Um die eingebrachte Energie über der Dicke des Testproduktes bestimmen zu können, wurden radiochromatische Dosimeter in den Testprodukten an verschiedenen Stellen, welche zwischen über die Dicke verteilten Lagen und über den Querschnitt verteilt sind, angebracht. Anhand des Farbumschlages konnte dann die eingebrachte Energie der aufgetroffenen Elektronenstrahlen sehr genau bestimmt werden. Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft, wie viele Dosimeter im jeweiligen Versuch verwendet worden sind. Die Anzahl der Lagen gibt an, in wieviel annähernd gleich dicke Abschnitte die Dicke des Testproduktes unterteilt wurde, wobei jeweils zwischen zwei Dickenabschnitten wenigstens ein Dosimeter platziert wurde.

Nr.	Anzahl der Dosimeter	Anzahl der Lagen	Flächengewicht der Lage [g/m ²]
1	5	2	450
2	5	4	300
3	5	4	375
4	7	6	650
5	13	12	650

- Die eingesetzte Elektronenstrahlquelle 16 konnte Energien bis zu 1 MeV erzeugen. In den Versuchen wurden die Testprodukte mit Elektronenstrahlen bei 300 keV, 500 keV und 700 keV bestrahlt. Die Testprodukte wurden dabei, wie anfangs erläutert, von beiden Seiten mit der Elektronenstrahlung beaufschlagt. Dabei hat sich folgendes gezeigt:
- Die Bestrahlung mit 2 × 300 keV erlaubt eine gleichmäßige Energieverteilung über die Dicke des Testproduktes bis maximal 700 g/m² Flächengewicht.
- Die Bestrahlung mit 2 × 500 keV erlaubt eine gleichmäßige Energieverteilung über die Dicke des Testproduktes bis maximal 1500 g/m² Flächengewicht.
- Die Bestrahlung mit 2 × 700 keV erlaubt eine gleichmäßige Energieverteilung über die Dicke des Testproduktes bis maximal 3500 g/m² Flächengewicht.

Patentansprüche

- Verfahren zur Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialien, wie insbesondere von Bindemittel in Mineralfasermaterial für Dämmzwecke, wobei das Fasermaterial (2) einer Strahlungsquelle ausgesetzt wird, um die Substanz durch Bestrahlungen zu polymerisieren, dadurch gekennzeichnet, daß als Strahlung eine Elektronenstrahlung verwendet wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Fasermaterial (2) von beiden Seiten her der Strahlung ausgesetzt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Energie des Elektronenstrahls im Bereich zwischen 250 keV und 1,5 MeV liegt.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre des Fasermaterials (2) auf vorzugsweise weniger als 10%, in bevorzugter Weise auf weniger als 5%, in besonders bevorzugter Weise auf weniger als 1% reduziert ist.
- Vorrichtung zur Polymerisation von Substanzen in Fasermaterialien, wie insbesondere Bindemittel in Mineralfasermaterialien für Dämmzwecke, welche eine Strahlungsquelle aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle eine Elektronenstrahlquelle (16) ist.
- Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Ablenkungseinheit (18) zur Ablen-

DE 44 10 020 A1

- kung des Elektronenstrahls aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungseinheit (18) einen kontinuierlichen Breitstrahl erzeugt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkungseinheit (18) einen fokussierten Strahl erzeugt, und daß der fokussierte Strahl mit einer bestimmten Frequenz über die Breite des Fasermaterials (2) hin und her bewegt sowie vorzugsweise zudem mit einer bestimmten Frequenz quer zur Breite des Fasermaterials (2) über eine bestimmte Strecke hin und her bewegt wird.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vorrichtung (10) zur Verringerung des Sauerstoffgehaltes in der Atmosphäre des Fasermaterials (2) aufweist.

5

10

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

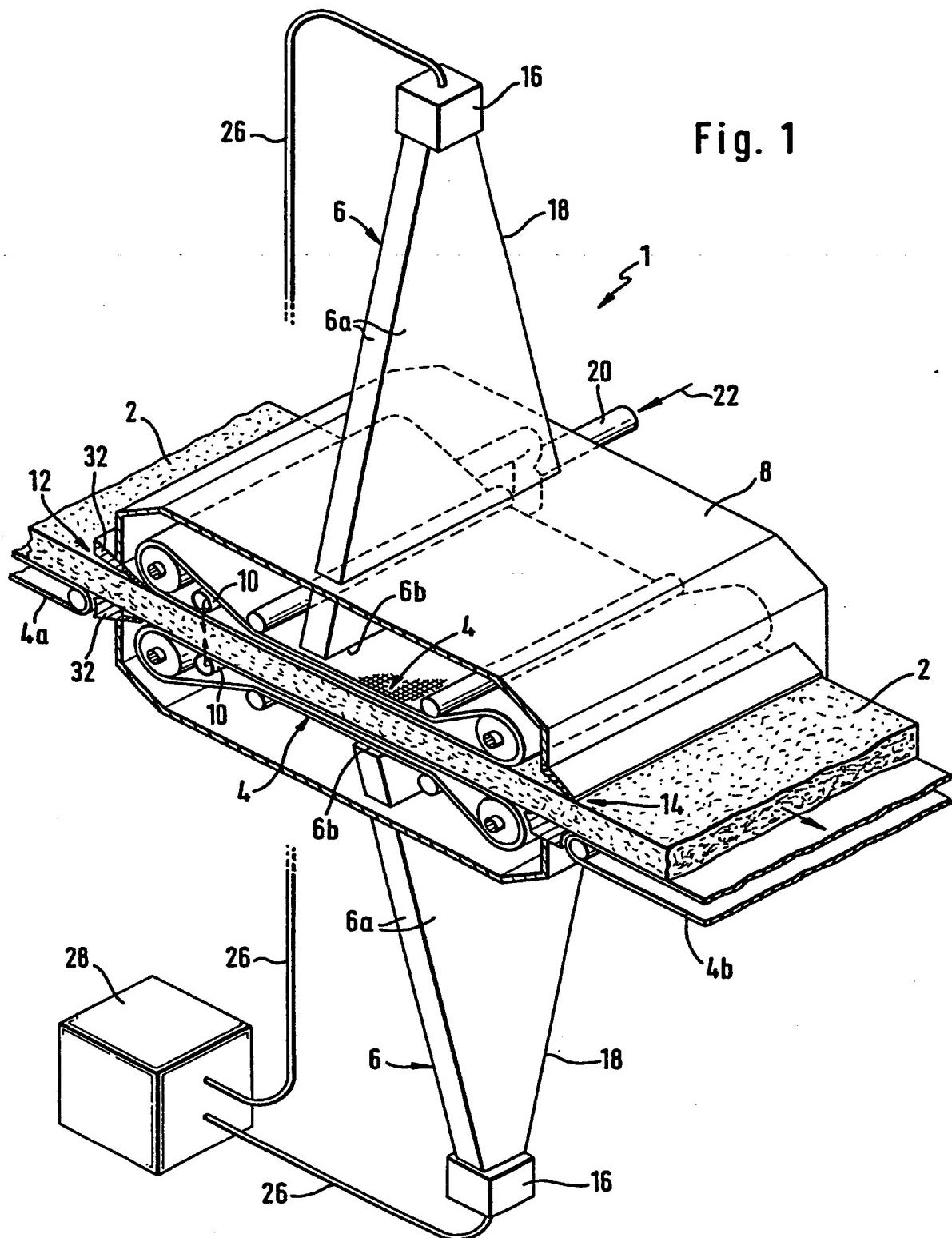


Fig. 1

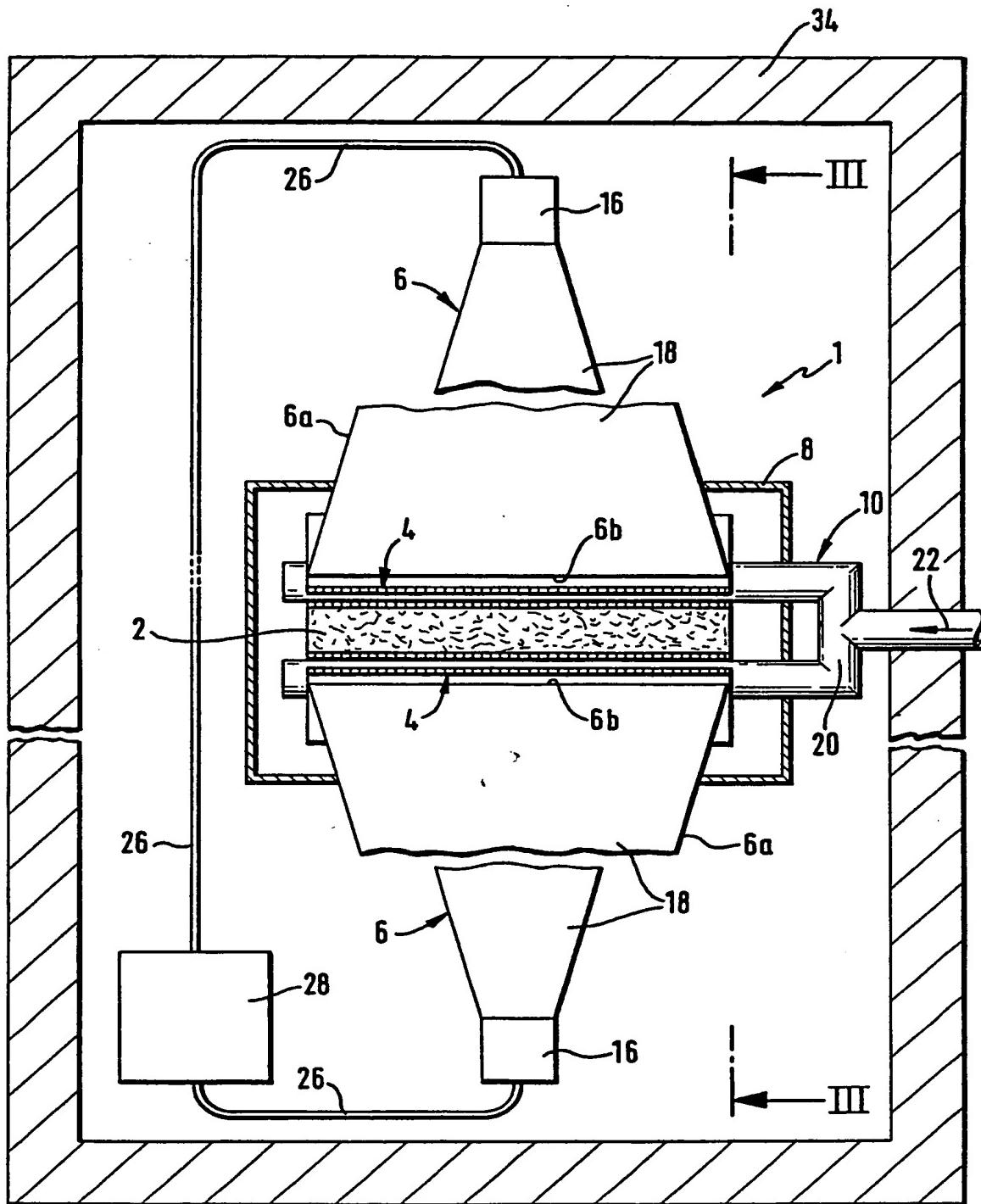


Fig. 2

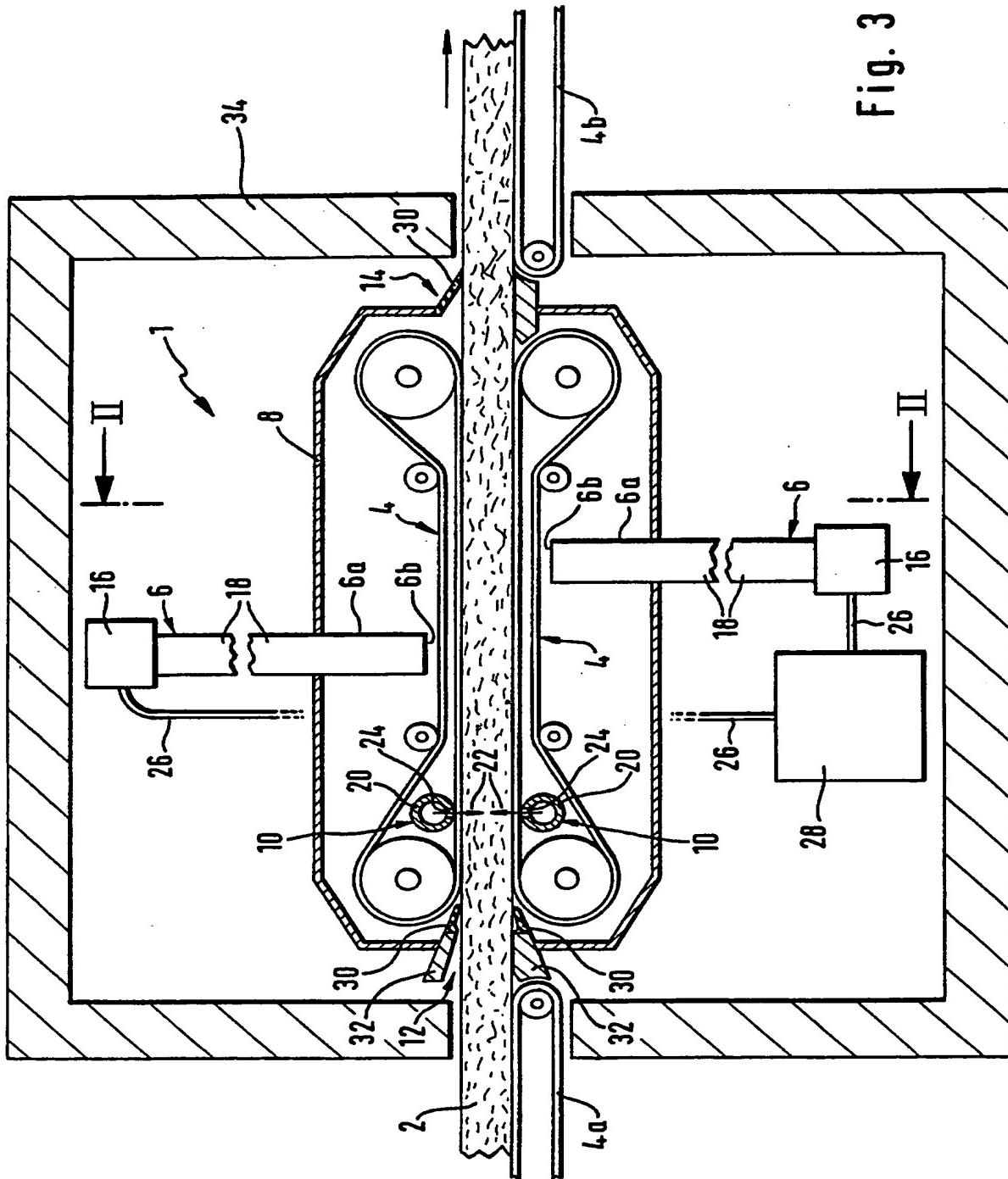


Fig. 3

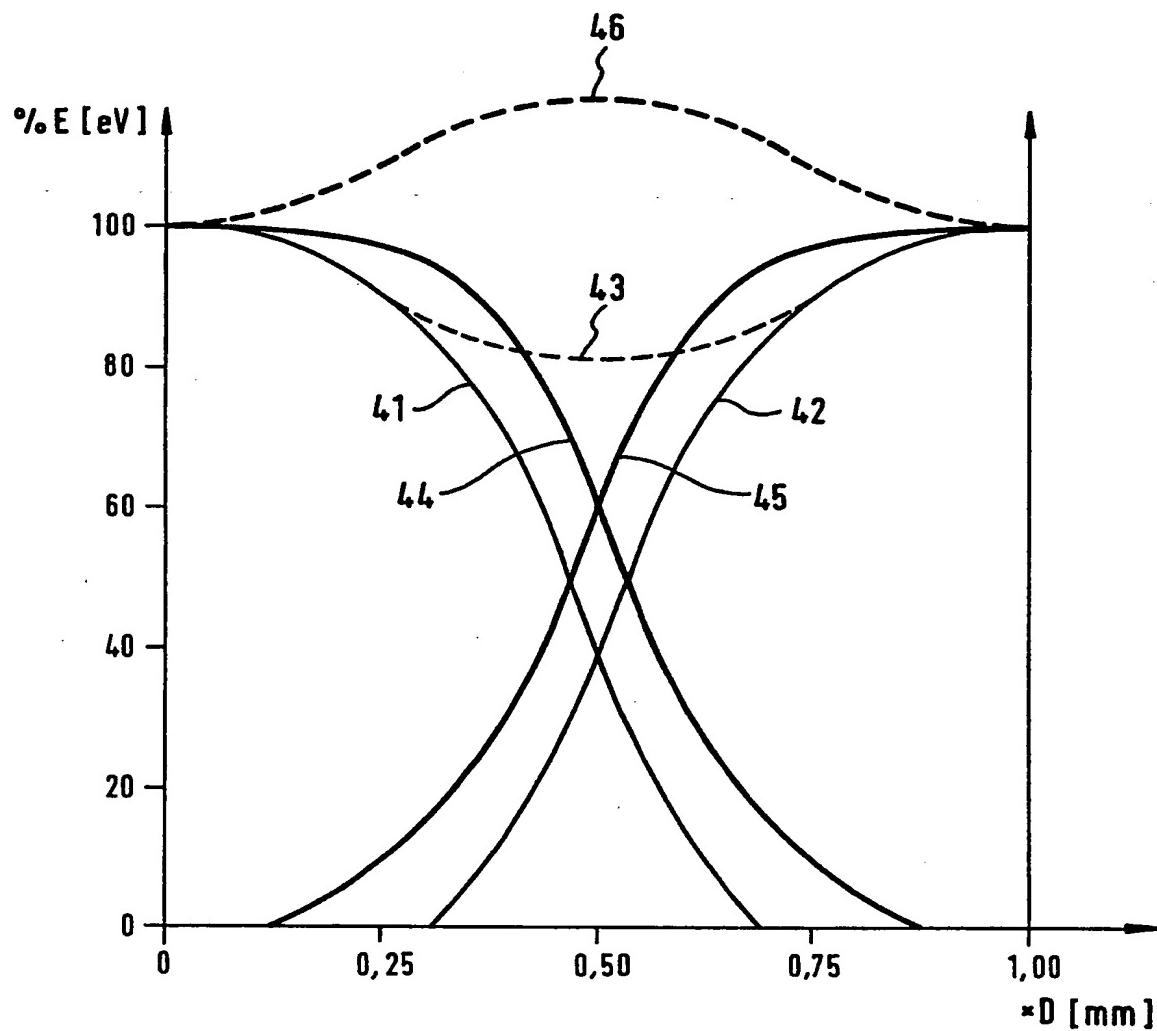


Fig. 4

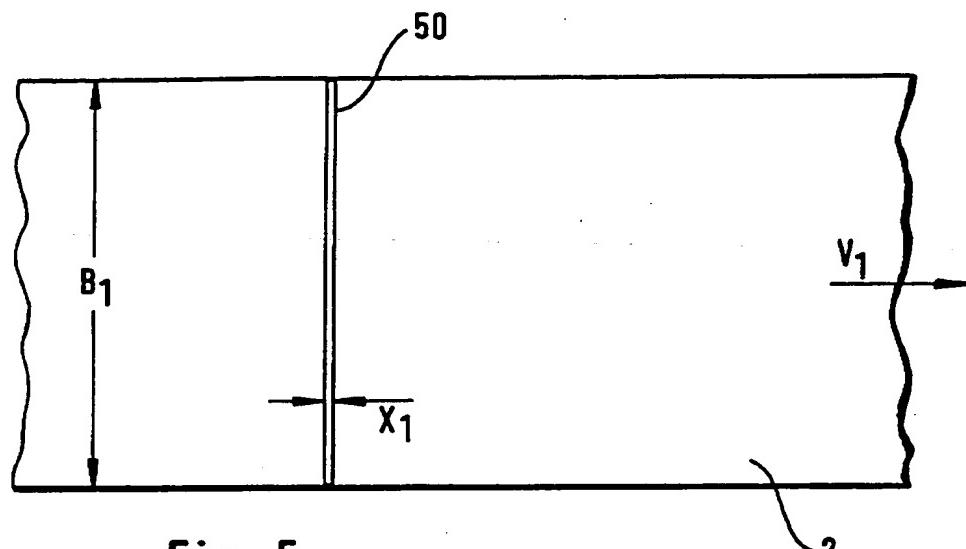


Fig. 5

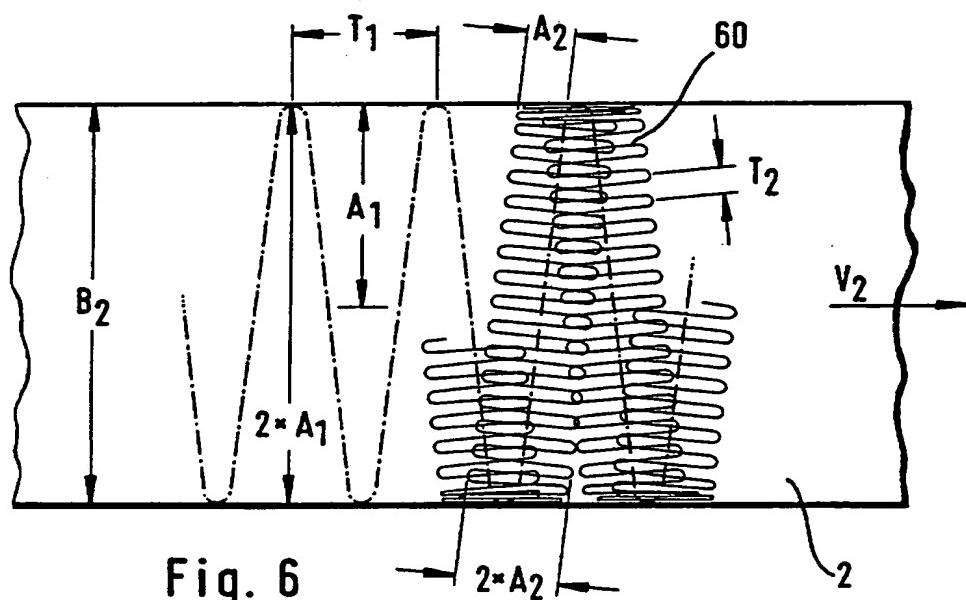


Fig. 6